

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Орский гуманитарно-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Оренбургский государственный университет»
(Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ)

Кафедра электроэнергетики и теплоэнергетики

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ**

«Б1.Д.В.2 Топливо и теория горения»

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль
Энергообеспечение предприятий

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Заочная

Год начала реализации программы
2021

г. Орск, 2021

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины: знание основ теории горения органических топлив и приобретение навыков по их практическому применению при организации топочных процессов.

Задачи:

- приобретение студентами знаний об основных законах химической термодинамики и кинетики горения, механизмах и условиях самовоспламенения, устойчивого и неустойчивого горения, процессах турбулентной диффузии и массопереноса при горении, методах подготовки и сжигания топлив, находящихся в разном фазовом состоянии;
- освоение методов расчёта характеристик смесей различных горючих веществ, составления балансов процесса горения любого вида топлива, технологических методов расчета процесса горения;
- формирование навыков владения экспериментальными и расчетными методами определения рабочих характеристик различных органических топлив и их смесей, понимания физико-химических механизмов образования различных окислов азота при горении органических топлив.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам (модулям) вариативной части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: Б1.Д.В.1 Введение в профессиональную деятельность.

Постреквизиты дисциплины: Б1.Д.В.5 Нагнетатели и тепловые двигатели, Б1.Д.В.7 Котельные установки и парогенераторы, Б1.Д.В.8 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения.

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1-В-2 Осуществляет критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников	<u>Знать:</u> теоретические основы процессов горения; физико-химические процессы, протекающие в горючих веществах; классификацию процессов горения и пламен <u>Уметь:</u> рассчитывать материальные балансы процессов горения веществ в различном агрегатном состоянии <u>Владеть:</u> представлениями о способах хранения и эксплуатации горючих веществ

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК*-1 Способен участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	ПК*-1-В-3 Владеет технологическим процессом выработки тепловой энергии и теплоснабжения потребителей	Знать: особенности процессов горения веществ в различном агрегатном состоянии; меры безопасности при работе с горючими веществами Уметь: рассчитывать основные характеристики и параметры процессов горения Владеть: методиками определения основных характеристик горючих веществ; методиками расчетов процессов горения

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	2 семестр	всего
Общая трудоёмкость	144	144
Контактная работа:	11,25	11,25
Лекции (Л)	6	6
Практические занятия (ПЗ)	4	4
Консультации	1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
Самостоятельная работа:	132,75	132,75
- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;	122,75	122,75
- подготовка к практическим занятиям	10	10
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	экзамен	

Разделы дисциплины, изучаемые в 2 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеад. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Общие вопросы горения	17,5	1	0,5		16
2	Процесс горения в теплосиловых и теплоэнергетических установках	17,5	1	0,5		16
3	Расчет процесса горения: состав горючей смеси и расчет количества воздуха, необходимого для горения	18,5	0,5	1		17

4	Расчет процесса горения: расчет продуктов сгорания	18,5	0,5	1		17
5	Термодинамика процессов горения	18	0,5	0,5		17
6	Типы пламен и скорость горения	18	0,5	0,5		17
7	Горение различных систем	18	1			17
8	Теория детонации газов и конденсированных взрывчатых систем	18	1			17
	Итого	144	6	4		134
	Всего	144	6	4		134

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Общие вопросы горения. Развитие представлений о горении, место процесса горения в развитии цивилизации. Различные подходы к определению процесса горения. Физико-химические основы процесса горения. Понятие горючей смеси и горючей системы. Стадии процесса горения. Пространственное распространение, как характерная особенность процесса горения и механизмы распространения пламени. Детонация и дефлаграция. Понятие скорости горения. Основы классификации горючих смесей и процессов горения. Гомогенные и гетерогенные смеси. Влияние различных факторов на процесс горения.

Раздел 2. Процесс горения в теплосиловых и теплоэнергетических установках. Экологические аспекты процессов горения. Понятие горючей смеси. Горючая система ее состав и условия горения. Инициация процесса горения. Виды окислителя. Характеристики процесса горения: коэффициент горючести, характер свечения пламени. Горючие техногенные вещества. Классификация горючих веществ и смесей по составу и агрегатному состоянию. Уравнения горения веществ в кислороде и на воздухе, методика их составления. Соотношение горючего вещества и окислителя в системе. Классификация гомогенных смесей по соотношению горючего вещества и окислителя. Мольная доля горючего вещества; стехиометрический коэффициент реакции горения. Продукты сгорания и зависимость их состава от состава горючего вещества. Полное и неполное сгорание.

Раздел 3. Расчет процесса горения: состав горючей смеси и расчет количества воздуха, необходимого для горения. Расчетные параметры процесса горения. Задание состава горючего материала. Индивидуальные горючие вещества и горючие смеси. Топливо и его элементный состав. Рабочая, сухая, горючая и органическая массы топлива. Условия пересчета масс. Процесс горения топлива. Расчет воздуха, необходимого для сгорания индивидуальных веществ в различном агрегатном состоянии. Условия горения, отличные от нормальных. Учет коэффициента избытка воздуха. Расчет воздуха, необходимого для сгорания сложных горючих смесей в различном агрегатном состоянии. Теоретически необходимое и действительное количество воздуха. Избыток воздуха и коэффициент избытка. Влияние температуры и давления на процесс горения. Соотношение продуктов сгорания и их состав при различных значениях коэффициента избытка воздуха.

Раздел 4. Расчет процесса горения: расчет продуктов сгорания. Продукты сгорания и их состав. Сухие и влажные продукты сгорания. Зависимость температуры горения и состава продуктов сгорания от количества окислителя. Горение органических веществ и продукты их сгорания. Полное и неполное сгорание смеси. Горение неорганических веществ и продукты их сгорания. Термоокислительные реакции и зависимость состава их продуктов от температуры. Расчет продуктов сгорания индивидуальных веществ в различных агрегатных состояниях при нормальных условиях и в условиях, отличных от нормальных. Расчет продуктов сгорания сложных горючих газообразных смесей. Особенности расчета продуктов сгорания сложных горючих смесей в жидком и твердом состоянии. Влияние внешних условий на состав и объем продуктов сгорания. Процентный состав продуктов сгорания и особенности его расчета для горючих смесей в различном агрегатном состоянии. Оценка условий горения по процентному составу продуктов сгорания.

Раздел 5. Термодинамика процессов горения. Тепловые эффекты реакций горения. Процессы, протекающие при горении в эндо-и экзотермических реакциях. Теплота горения и теплота сгорания веществ. Расчет теплоты сгорания на основании закона Гесса. Экспериментальное определение теплоты сгорания. Низшая и высшая теплоты сгорания. Формулы Менделеева для определения высшей и низшей теплоты сгорания веществ сложного состава. Расчет теплоты сгорания для

веществ различного состава и агрегатных состояний. Нижний предел теплоты сгорания веществ. Температура горения и способы ее определения. Теоретическая температура горения. Адиабатическая (калориметрическая) температура горения. Расчет теплосодержания продуктов сгорания. Действительная температура горения. Распределение температуры в зоне горения и ее зависимость от условий горения. Методики определения температуры горения.

Раздел 6. Типы пламен и скорость горения. Предварительно перемешанные и предварительно не перемешанные смеси горючих веществ с окислителем. Примеры. Структура пламени. Системы с различными типами пламен. Ламинарные пламена предварительно перемешанной смеси. Распространение плоского ламинарного пламени. Пламя бунзеновской горелки. Кинетическое горение. Зависимость скорости горения от направления потока. Фоторегистрация пламени. Ламинарные пламена предварительно не перемешанной смеси. Диффузионное горение. Горение свечи. Ламинарные пламена с параллельными потоками и противотоком. Пламена предварительно не перемешанной смеси с быстрыми реакциями. Турбулентные пламена. Модели турбулентности. Турбулентные пламена предварительно перемешанной смеси. Скорость распространения турбулентного пламени. Турбулентные пламена предварительно не перемешанной смеси. Особенности применения смесей различного типа.

Раздел 7. Горение различных систем. Теория горения газовых смесей. Работы Зельдовича. Температура и скорость распространения фронта пламени. Давление при взрыве газо-и паровоздушных смесей, температура взрыва. Концентрационные пределы воспламенения, их определение и использование. Факторы, влияющие на концентрационные пределы воспламенения. Горение жидкостей. Температурные пределы воспламенения и температура вспышки. Скорость выгорания. Горение пылевоздушных смесей. Пожароопасность пылей. Теория горения аэрозвесей. Концентрационные пределы воспламенения пылей, их определение и использование. Горение твердых веществ. Особенности состава, строения и процессов горения твердых веществ. Горение древесины. Горение металлов. Пиролиз полимерных материалов. Оценка пожарной опасности горючих веществ. Общая характеристика процессов, протекающих при нагревании и горении веществ в различном агрегатном состоянии. Избыточное давление при взрыве веществ в различном агрегатном состоянии.

Раздел 8. Теория детонации газов и конденсированных взрывчатых систем. Разогрев вещества при ударном сжатии и инициирование реакции при распространении ударных волн в реакционноспособных средах. Гидродинамическая теория детонации газов. Расчет скорости детонации. Факторы, определяющие детонационную способность и параметры детонации газ воздушных и паровоздушных систем. Детонация аэрозвесей горючих дисперсных материалов. Методы исследования детонации. Теория детонации конденсированных горючих материалов. Детонационная способность. Особенности распространения детонации в смесевых системах. Факторы, влияющие на возможность и скорость распространения детонации в смесях горючего с окислителем. Уравнение состояния продуктов детонации. Теории взрыва. Виды взрыва: взрыв в воздухе. Характеристики взрывной волны.

4.3 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Составление уравнений горения. Определение коэффициента реакции горения и типа горючей смеси	0,5
2	2	Процесс горения в техносфере	0,5
3	3	Составление уравнений горения. Определение коэффициента реакции горения и типа горючей смеси. Материальный баланс процесса горения: расчет воздуха, необходимого для горения различных веществ	1
4	4	Термодинамика процессов горения: определение теплоты горения и сгорания. Расчет адиабатической температуры горения	1
5	5	Типы пламен и скорость горения	0,5

6	6	Концентрационные пределы воспламенения. Определение стехиометрической концентрации горючего вещества	0,5
		Итого	4

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Лебедева, Е.А. Экологическая оценка котельной установки и разработка нормативов предельно допустимых выбросов: методические указания / Е.А. Лебедева, А.В. Гордеев, Е.В. Лощина; Министерство образования и науки РФ, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», Факультет инженерно-экологических систем и сооружений, Кафедра теплогазоснабжения. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2012. – 59 с.

5.2 Дополнительная литература

1. Маряхина, В. Теплогенерирующие установки: учебное пособие / В. Маряхина, Р. Мансуров; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет». – Оренбург: ОГУ, 2014. – 104 с.

2. Теплоэнергетика и теплотехника. Общие вопросы [Текст]: справочник в 4 кн. (под ред. А.В. Клименко и В.М. Зорина. – Кн. 1-3-е изд., перераб. и доп. – Москва: ИД МЭИ, 2000. – 528 с.

5.3 Периодические издания

1. Электрические станции.
2. Промышленная энергетика.
3. Экологический вестник России.

5.4 Интернет-ресурсы

5.4.1 Современные профессиональные базы данных (в том числе международные реферативные базы данных научных изданий) и информационные справочные системы.

1. Библиотека Гумер (<https://www.gumer.info/>). Доступ свободный.
2. Научная библиотека (<http://niv.ru/>). Доступ свободный.
3. eLIBRARY.RU (www.elibrary.ru). Доступ свободный. Необходима индивидуальная регистрация в локальной сети вуза.
4. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (<http://window.edu.ru/>). Доступ свободный.
5. Infolio (<http://www.infoliolib.info/>). Университетская электронная библиотека.

5.4.2 Тематические профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Фундаментальная электронная библиотека (<https://www.teplota.org.ua/>)
2. Теплота, всё для теплоэнергетика (<https://www.teplota.org.ua/>)
3. Информационный портал РосТепло.ру (<https://www.rosteplo.ru/>). Всё о теплоснабжении в России.
4. Ассоциация инженеров АВОК (<https://www.abok.ru/>)
5. Справочник теплоэнергетика (<https://www.c-o-k.ru/library/document/13100>)
6. Энергетический интернет-портал (<https://rusenergetics.ru/avtomatika/askue>)

5.4.3 Электронные библиотечные системы

1. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» (<http://www.biblioclub.ru/>). После регистрации доступ возможен из любой точки сети Интернет.
2. ЭБС «Лань» (<http://e.lanbook.com/>). После регистрации доступ возможен из любой точки сети Интернет.

5.4.4 Дополнительные Интернет-ресурсы

1. Диполь, профессиональный разработчик электронных курсов (<https://www.tacis-dipol.ru/presentations/>)
2. Программа расчёта горения газообразного топлива (https://www.studmed.ru/programma-raschet-goreniya-gazoobraznogo-topliva_123891cb760.html)
3. Онлайн-расчет низшей теплоты сгорания углеводородов – индивидуальных химических соединений (<https://www.proektant.org/index.php?topic=46283.0>)
4. Методика расчёта горения топлива (<https://ppt-online.org/348163>)

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Тип программного обеспечения	Наименование	Схема лицензирования, режим доступа
Операционная система	Microsoft Windows	Подписка Open Value Subscription – Education Solutions (OVS-ES) по договору № 3В/20 от 01.06.2020 г.
Офисный пакет	Microsoft Office	
Интернет-браузер	Яндекс.Браузер	Бесплатное ПО, https://yandex.ru/legal/browser_agreement/
	Google Chrome	Бесплатное ПО, http://www.google.com/intl/ru/policies/terms/
Мультимедийный плеер	Windows Media Player	Является компонентом операционной системы Microsoft Windows
Пакет программ для проведения тестирования	ADTester	Бесплатное ПО, http://www.adtester.org/help/info/license/
Просмотр и печать файлов в формате PDF	Adobe Reader	Бесплатное ПО, http://www.adobe.com/ru/legal/terms.html
Векторный графический редактор, редактор диаграмм и блок-схем	КОМПАС-3D	Лицензия по государственному контракту № 20/11 от 07.06.2011 г., сетевой конкурентный доступ
Пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений	MATLAB	Образовательная лицензия по государственному контракту № 20/10 от 29.06.2010 г., сетевой конкурентный доступ

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, практических работ, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. В аудитории имеется персональный компьютер с установленным лицензионным программным обеспечением и мультимедийное оборудование (проектор, экран, звуковые колонки). Данное оборудование активно используется при проведении лекционных занятий.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети «Интернет», и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Орского гуманитарно-технологического института (филиала) ОГУ.

Все перечисленные аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.